

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

EKISHO

T.Yoshihara

Title

Time Division Full Color LCD by Ferroelectric Liquid Crystal

vol.3, no.3, pp.190-194, 1999

EKISHO

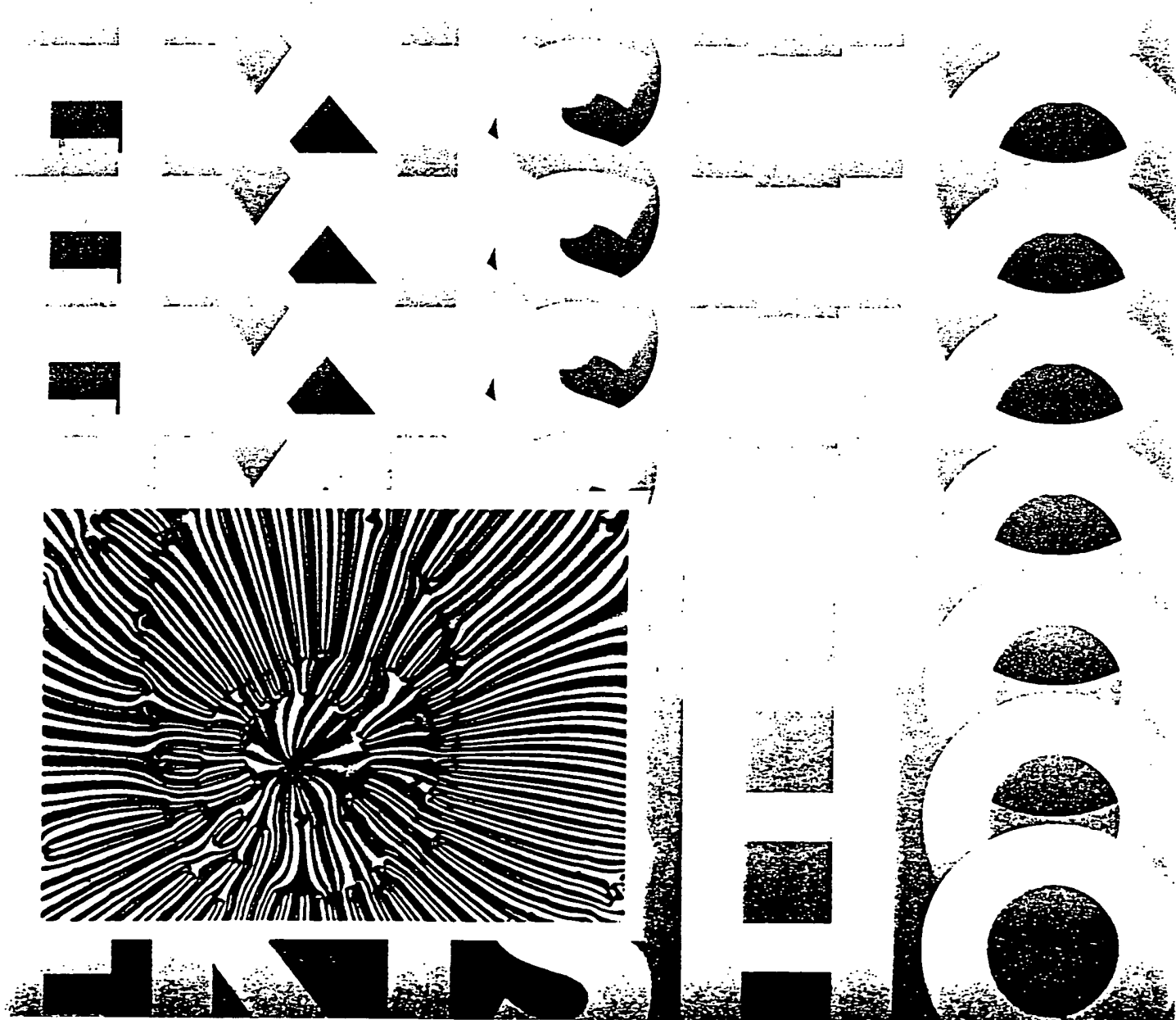
日本液晶学会誌

1999 平成11年
7月25日発行

Vol.3.No.3

夜晶

液晶系におけるエレクトロレオロジー効果●ネマチック相の秩序形成過程と位相欠陥の運動 強誘電性液晶による時分割フルカラーLCD●液晶ディスプレイ入門—第1回：液晶光学モード 液晶の実験分光学—第6回：NMR分光法（その3）



編集委員

編集委員長 竹添秀男 (東工大, htakezoe@o.cc.titech.ac.jp)
副編集委員長 赤羽正志 (長岡技科大, akahane@vos.nagaokaut.ac.jp)

伊東 理 (日立製作所, oitou@hrl.hitachi.co.jp)
一ノ瀬秀男 (メルク・ジャパン, LDP06110@niftyserve.or.jp)

上村 強 (松下電産, uemura@ctmo.mei.co.jp)
尾崎雅則 (阪大, ozaki@ele.eng.osaka-u.ac.jp)
加藤隆史 (東大, kato@chiral.t.u-tokyo.ac.jp)
木村康之 (東大, kimura@exp.t.u-tokyo.ac.jp)
菊池裕嗣 (九大, hkikutcf@mbox.nc.kyushu-u.ac.jp)
菊池 宏 (NHK 放送技研, kikuchi@strl.nhk.or.jp)
栗原清二 (熊本大, kurihara@gpo.kumamoto-u.ac.jp)
香田智則 (山形大, koda@dip.yz.yamagata-u.ac.jp)
坂口和彦 (阪市大, sakaguch@sci.osaka-cu.ac.jp)

関 秀廣 (八戸工大, seki@hi-tech.ac.jp)
関谷隆司 (出光興産, sekiya@sie.idemitsu.co.jp)
高頭孝毅 (東芝, takatoh@md4.mel.toshiba.co.jp)
田中富雄 (大日本印刷, tanaka_t@cc.fdp.dnp.co.jp)
長谷川雅樹 (日本アイ・ビー・エム, hasegawa@trl.ibm.co.jp)
平井良典 (旭硝子, hirai@agc.co.jp)
宮島清一 (宮島醤油, miyajima@ims.ac.jp)
守屋慶一 (岐阜大, moriya@apchem.gihu-u.ac.jp)
山下 護 (三重大, mayam@phen.mie-u.ac.jp)
吉田哲志 (カシオ計算機, tyoshiba@drd.hlb.casio.co.jp)

▶次号目次 (第3巻第4号)

総説 「液晶配向膜」(JSR 竹内安正)
解説 「垂直配向液晶モードによる広視野角技術 (仮)」(三洋 小間徳夫)
「異方性物質中の偏光の初等理論 — ストークス変数の力学 — 」(立命館大学 倉辻比呂志)
「TSS 液晶を用いた時分割方式立体ディスプレイ」(デンソーディスプレイ 山本実生・豊田幸人)
講座 「液晶の実験分光学」第7回「誘電分光」(東京大学 木村康之)
「液晶ディスプレイ入門講座」第2回「液晶分子の配向制御」(八戸工業大学 関 秀廣)
技術展望 「ASET プロジェクト中間報告「反射型液晶ディスプレイ」」(ASET 超先端電子技術開発機構 中嶋義晴)

学会ホームページ

=<http://wwwsoc.nacsis.ac.jp/jlcs/>

入会の申し込みは、本誌「液晶」と申し込みのはがきを御利用ください。また、申し込みはがきと学会紹介のパンフレットは、

〒113-8622 東京都文京区本駒込5-16-9
日本学会事務センター内
日本液晶学会

TEL(03)5814-5800, FAX(03)5814-5823

E-mail jlcs@bcasj.or.jp

あてに御請求くださればお送りいたします。

学会に関する各種情報は学会ホームページへどうぞ。

液 晶

Vol.3 No.3 1999

1999年7月25日 発行

発行人 日本液晶学会
会長 小林駿介
編集人 日本液晶学会編集委員会
委員長 竹添秀男
発行所 日本液晶学会事務局
〒113-8622 東京都文京区本駒込5-16-9
(財)日本学会事務センター内
TEL(03)5814-5800 FAX(03)5814-5823
印刷所 壮光合印刷株式会社

定価4200円 (本体4000円)



強誘電性液晶による時分割フルカラー LCD

吉原敏明*

アモルファス Si TFT によるアクティブ駆動強誘電性液晶ディスプレイを用いたフィールドシーケンシャルカラー LCD について紹介する。分極スイッチングに関する研究により、アモルファス Si TFT による強誘電性液晶の高速スイッチング及び中間調表示が可能になった。作製したプロトタイプ表示特性から、階調表示、高速応答性、高色純度表示及び広視野角表示が実現可能であることが明らかとなり、動画表示対応 LCD の可能性を得た。

キーワード：フィールドシーケンシャル、強誘電性液晶ディスプレイ、アクティブ駆動

1. はじめに

液晶ディスプレイ (LCD) は薄型、軽量、低消費電力といった利点を生かし、STN や TFT-TN 方式を中心に、主にノート PC 用ディスプレイとして市場を拡大してきたことは周知のとおりである。

近年は TFT-TN や STN がもつ視野角が狭いといった問題を解決するため、IPS (In Plane Switching)¹⁾ や MVA (Multi-domain Vertical Alignment)²⁾ などの新しいモードが開発され、モニタ用途向けに市場を開拓している。

しかし、現状の LCD には CRT と比較して応答速度が遅い、表示色純度が低い、動画表示時に画像がぼけるといった問題がある。LCD 産業の更なる発展のためにはこれらの課題の解決が必要である。

(株)富士通研究所は現状の LCD のもつ問題の解決を目的に、時間分割でカラー表示を行う LCD³⁾ (FSC-LCD: Field Sequential Color LCD) の可能性について検討し、開発を行ってきた。

ここでは FSC-LCD の原理、特徴、表示特性について述べる。

2. FSC-LCD の原理

FSC-LCD は赤、緑、青の単色面発光と LCD のスイッチングを同期させ、赤、緑、青の各データを時間的に分割して表示を行うディスプレイである。このため使用する LCD には高速応答性が要求される。

FSC-LCD 実現のため(株)富士通研究所は LCD とし

て高速応答を実現できる強誘電性液晶ディスプレイ⁴⁾を選択し、TFT 駆動による高速駆動を試みた。バックライトとしては赤、緑、青の高速スイッチングが可能な LED (Light Emitting Diode) バックライトを適用した。

図 1 に FSC-LCD の構造を示す。FSC-LCD は LED アレイと導光板、拡散板から成る LED バックライトと TFT 駆動による強誘電性液晶ディスプレイから構成される。

図 2 に FSC-LCD の原理を示す。各フレームは三つのサブフレームに分割され、サブフレームはそれぞれ赤、緑、青のデータを表示する。フレーム周波数が 60 Hz の場合、各サブフレームの期間は約 5.6 ms となり、利用者はこれらのサブフレームにおける画像の合成画を認識することになる。

強誘電性液晶ディスプレイを用いた FSC-LCD の駆動原理の一例を図 3 に示す。バックライトによる赤、緑、青の発光と強誘電性液晶ディスプレイのスイッチングは同期しており、強誘電性液晶が極性応答を示すことから、各サ

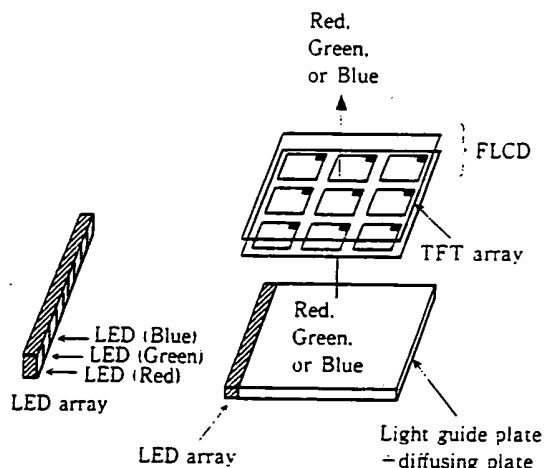


Fig.1 Structure of the FSC-LCD.

* Toshiaki YOSHIHARA

(株)富士通研究所ディスプレイ研究部

兵庫県明石市大久保町西脇 64 (〒674-3555)

1999.5.24 受理

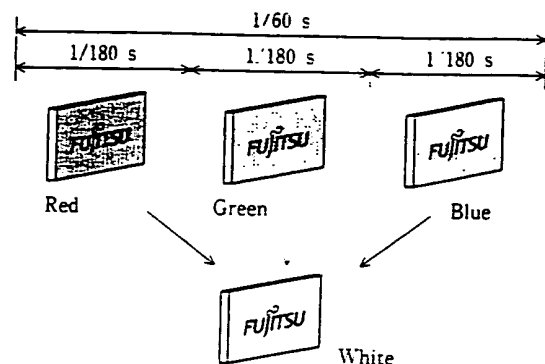


Fig.2 Principle of the FSC - LCD.

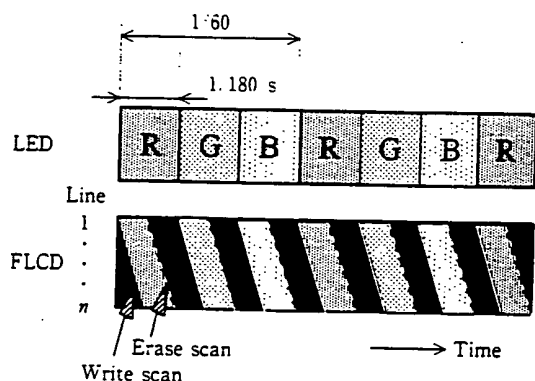


Fig.3 Driving scheme of the FSC - LCD.

ブフレーム期間内において書込み走査と消去走査（黒書込み）が行われている。

例えば、書込み走査において $+V$ の電圧が強誘電性液晶に印加されたならば、消去走査においては $-V$ の電圧が強誘電性液晶に印加される。

各サブフレームにおいて書込み走査と消去走査が行われることから、解像度が VGA (640×480 画素) の場合、強誘電性液晶ディスプレイには 1 ライン当たり $5.8 \mu\text{s}$ 以下の走査時間が要求される。解像度が UXGA (1600×1200 画素) の場合には、1 ライン当たり $2.3 \mu\text{s}$ (上下 2 分割駆動で $4.6 \mu\text{s}$) の高速走査が要求される。

一方、液晶の応答としては 2.8 ms 以下 (中間調状態を含む) の高速応答性が要求されることになるが、 μs オーダーの応答性を示す強誘電性液晶にとっては全く問題のないレベルである。

3. FSC - LCD の特徴

TFT 駆動による強誘電性液晶ディスプレイと LED バックライトを用いた FSC - LCD には、マイクロカラーフィルターを使用する現状の LCD と比較して、次のような特徴がある。

第 1 にマイクロカラーフィルターを必要とせず、データドライバの数も従来の 1/3 と少ないことから、コストダウン

が可能である。

第 2 に LED バックライトを使用しているため、LEI が有する高い色純度の発光色を表示に利用でき、ホワイトバランスの調整も容易である。

第 3 にピクセルを三つのサブピクセルに分割する必要がなく、高精細化が容易である。同じ精細度であれば、高い開口率が得られる。

第 4 に強誘電性液晶を用いるので、応答性に優れ、広視野角である。

4. 強誘電性液晶の TFT 駆動特性

強誘電性液晶ディスプレイと LED バックライトによる FSC - LCD は前述のように多くの優れた特徴があるが、その実現のためには強誘電性液晶の TFT 駆動 (走査時間: $\sim 5 \mu\text{s}$) 及び中間調表示^{3),6)}を実現しなければならない。ブックシェルフ層構造を示す強誘電性液晶セル²⁾に FET を接続し、FET のスイッチングを介して電圧を印加し、疑似的な TFT 駆動を行った。ゲートを ON にしてから 2.8 ms 後の透過率を図 4 に示す。図 4 は印加電圧を V に固定し、ゲートを ON する時間 (Gate on time: t_c) を変化させたときの結果である。

図 4 から透過率は t_c が長くなるに従って大きくなり、最終的には t_c が約 $350 \mu\text{s}$ で 100 % の透過率を示した。 t_c が $\sim 20 \mu\text{s}$ の範囲では透過率はほぼ一定であった。

測定で使用した強誘電性液晶の 5 V における応答時間は約 $300 \mu\text{s}$ であり、電圧を印加してから液晶が応答するまでの時間が $10 \sim 20 \mu\text{s}$ であったことから、この現象は自発分極 (Ps) のスイッチングの影響と考えられる⁵⁾。

図 5 に示すようにゲート OFF 時には、液晶セルに蓄えられた電荷 (補助容量があるときには、セル電荷 + 補助容量による電荷量) を、Ps のスイッチングにより消費しながら液晶が応答するものと考えられる。Ps がほとんどスイッチングしない t_c の時間領域においては、液晶の応答が、ゲート OFF 時におけるセル電荷の消費による Ps ス

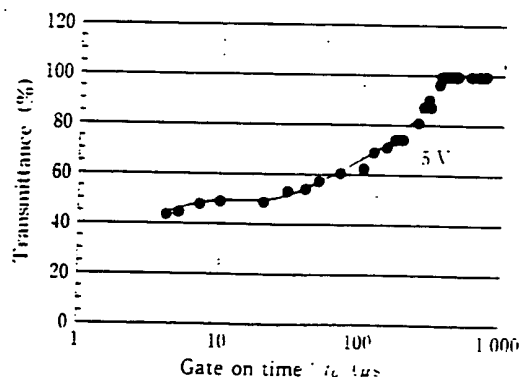


Fig.4 Transmittance - gate on time characteristics of FLC

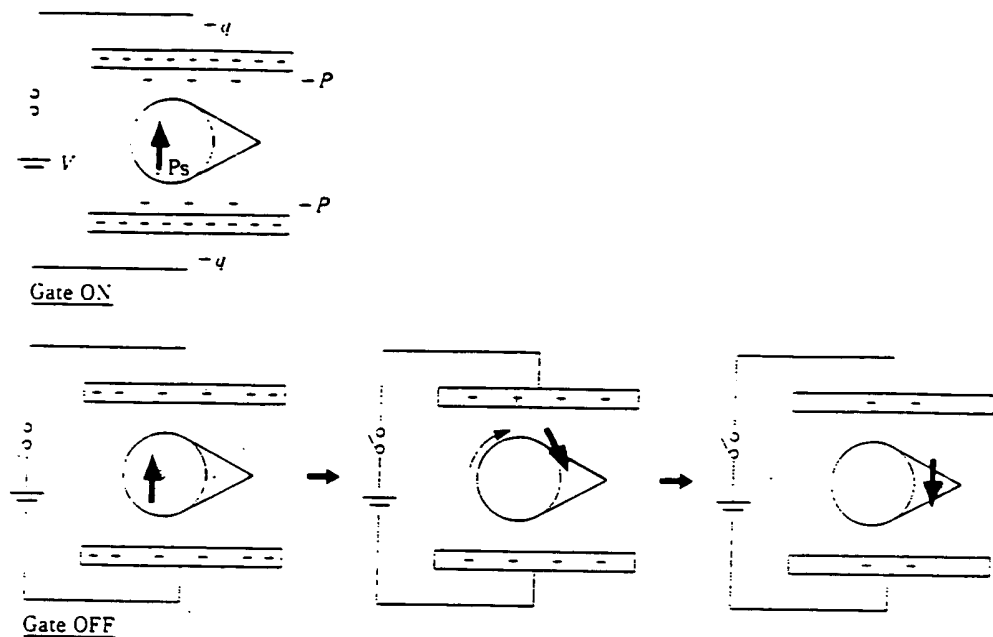


Fig.5 Driving of FLCs with a TFT.

スイッチングのみであるため、透過率に変化が生じないものと考えられる。ゲート OFF 時に Ps スイッチングによりセル電荷を消費するので、電圧保持率は低くなる。

一方、Ps のスイッチングが生じる t_c の時間領域においてはゲート ON 時の Ps スイッチングに加え、ゲート OFF 時のセル電荷の消費による Ps スイッチングも加わるので、透過率は高くなる。更に Ps のスイッチングがほとんど完了する t_c の時間領域においては、ゲート OFF 時の Ps スイッチングによる電荷の消費が少なくなるので、電圧保持率は高くなる。

実際に図 6 に示すように Ps のスイッチングがほとんど生じないと考えられる t_c の時間領域 ($\sim 20 \mu\text{s}$) においては電圧保持率が約 20 % と低い。また、 t_c において Ps のスイッチングは生じるものの、スイッチングが完了しない時

間領域においてもゲート OFF 時の Ps スイッチングによる電荷の消費により電圧保持率は約 20 % と低い。 t_c の期間中に Ps のスイッチングがほぼ完了していると考えられる時間領域 ($400 \mu\text{s} \sim$) においては、ゲート OFF 時の Ps スイッチングによる電荷の消費が少なくなるので、60 ~ 100 % の高い電圧保持率を示した。

透過率が一定の領域は図 7 から明らかなように印加電圧を変化させたときにも観測された。

図 7 から中間調表示が可能であることは明らかである。また、FSC-LCD の駆動で要求される短い走査時間 ($\sim 5 \mu\text{s}$) での駆動が可能であることも分かる。

図 8 に TFT 駆動による強誘電性液晶ディスプレイの電圧 - 透過率の特性を示す。ゲート選択期間は $5 \mu\text{s}$ /ラインとしている。印加電圧に応じた透過率が得られており、中

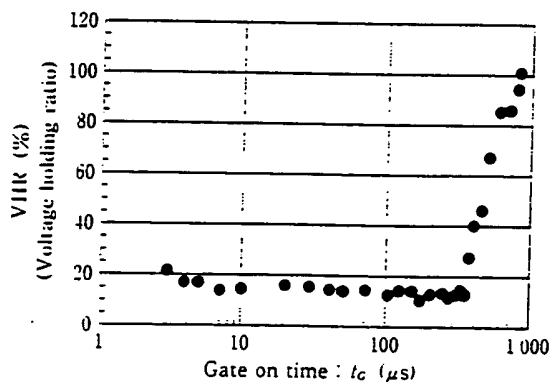


Fig.6 Voltage holding ratio - gate on time characteristics of FLC.

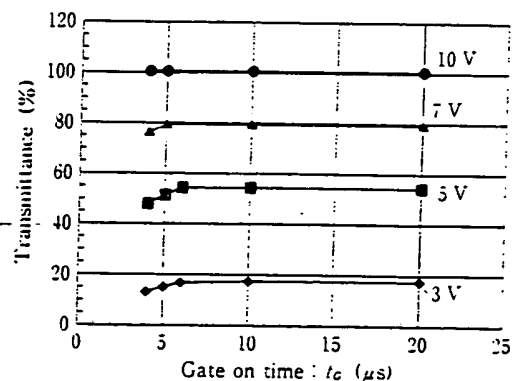


Fig.7 Applied voltage dependence of transmittance - gate on time characteristics in FLC.

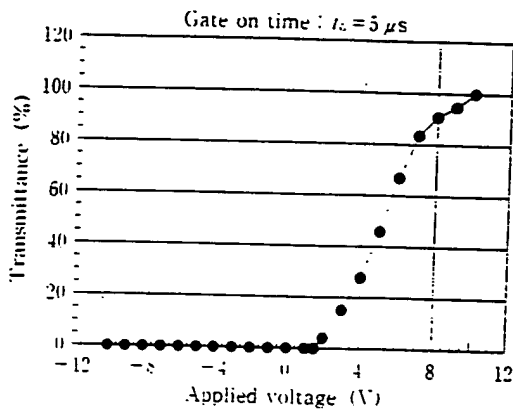


Fig.8 Transmittance - applied voltage characteristics of FLC at gate on time = 5 μ s.

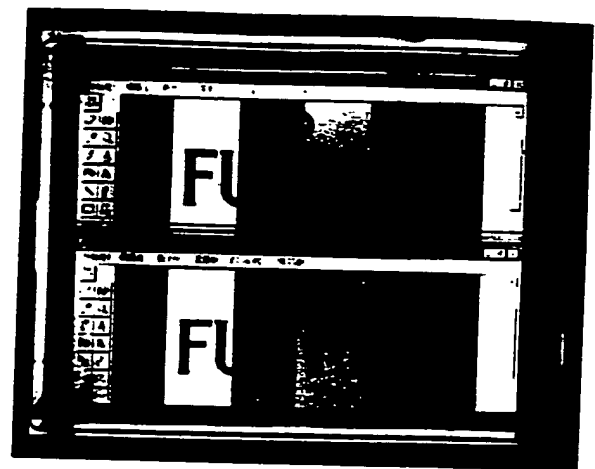


Fig.10 Photograph of prototype.

間調表示が可能であることを示している。

中間調状態の顕微鏡写真を図 9 に示す。均一な中間調状態が得られていることが分かる。

5. プロトタイプ

強誘電性液晶ディスプレイと LED バックライトによる FSC - LCD の表示例を図 10 に、特性を表 1 に示す。画素数は VGA (640×480 画素)、ディスプレイサイズは対角 3.2 in である。250 DPI (Dots Per Inch) の高精細な表示

が得られている。応答時間は中間調状態も含めて 1.2 ms ($t_{on} + t_{off}$) 以下と高速応答であった。

6. 表示色度とホワイトバランス

プロトタイプの表示色度を図 11 に、LED バックライトとの組み合わせにより容易となったホワイトバランスの調整結果を図 12 に示す。

図 11 から FSC - LCD のプロトタイプの表示色度は

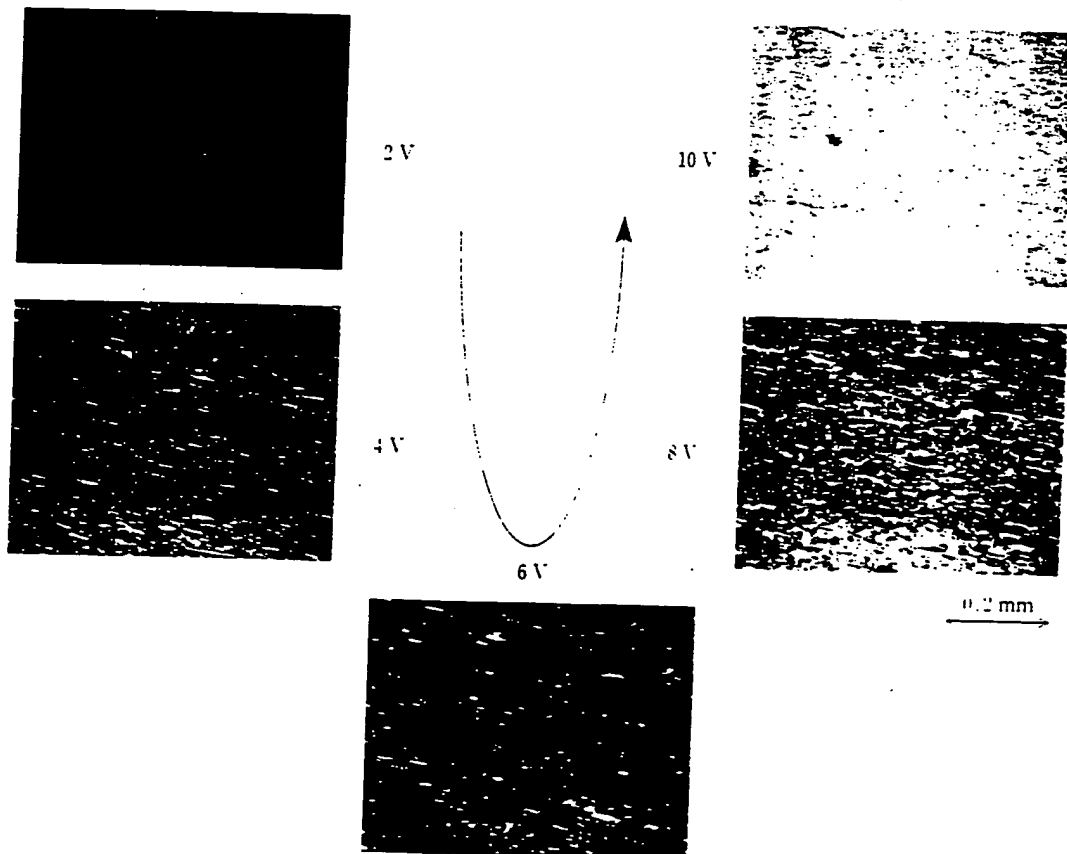


Fig.9 Micrographs of different gray levels.

Table 1 Characteristics of the prototype

Number of pixels (dots)	640×480 (VGA)
Dot pitch (mm)	0.10×0.10
Display area (mm)	64×48 (3.2 in)
Colors	262,144
Contrast ratio	50 : 1
Brightness	85 % of parallel polarizers (in-pixel at ON state)
Response time (m s)	<1.2
Viewing angle (deg.)	±70
(Contrast ratio>10 : 1)	

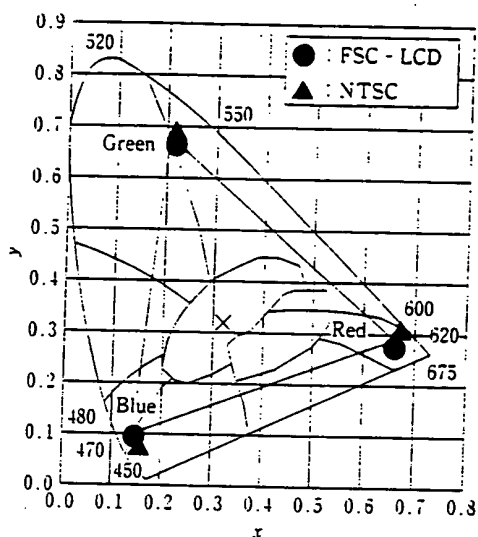


Fig.11 Chromaticity of the FSC-LCD.

NTSC とほぼ等しく、高い色純度の表示を達成していることが分かる。

図 12 は赤、緑、青、各 LED ドライバの駆動電流を調整したときの白表示の変化である。図中の数字は始点に対する LED 駆動電流の比率を示している。赤、緑、青、各 LED の駆動電流に対応して、白表示の色度が広い範囲で変化しており、ホワイトバランスの調整が簡単に行えることが分かる。

7. おわりに

TFT 駆動による強誘電性液晶ディスプレイと LED バックライトを組み合わせたフィールドシーケンシャルカラー LCD (FSC-LCD) の特徴と表示特性について述べ

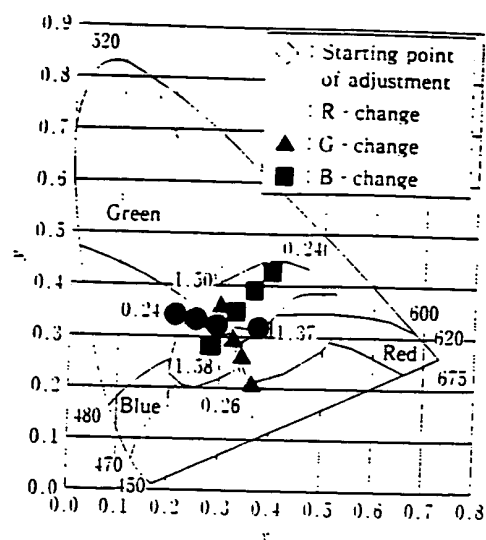


Fig.12 Adjustment of white balance.

た。また、従来、中間調表示が困難であった強誘電性液晶による中間調表示の可能性と TFT 駆動について述べた。

今後ますます要求されるであろう高速応答、高色純度、広視野角特性を示す LCD として、強誘電性液晶によるフィールドシーケンシャルカラー LCD が重要なディスプレイの一つになると我々は考えている。

参考文献

- 1) M.Oh - e. M.Ohta, S.Arata and K.Kondo : *Proc. 15th Int. Display Res. Conf.*, 707 (1995)
- 2) Y.Koike, S.Kataoka, T.Sasaki, H.Chida, H.Tsuda, A.Takeda, K.Ohmuro, T.Sasabayashi and K.Okamoto : *Proc. 4th Int. Display Workshop*, 159 (1997)
- 3) 小林肇介 : カラー液晶ディスプレイ, 115 (1990), 産業図書
- 4) N.A.Clark and S.T.Lagerwall : *Appl. Phys. Lett.*, 36, 399 (1980)
- 5) 吉原, 牧野, 望月 : 第 20 回液晶討論会予稿集, 400 (1994)
- 6) A.Mochizuki, T.Yoshihara and T.Makino : *Proc. 3rd Int. Display Workshop*, 69 (1996)
- 7) A.Mochizuki, M.Hirose and M.Nakatsuka : *Ferroelectrics*, 113, 353 (1991)
- 8) T.Yoshihara, Y.Kiyota, H.Shimoto, T.Makino, A.Mochizuki and H.Inoue : *17th ILCC*, P1-074, (1998)

with either of the gate wiring 4403. In this case it is possible to reduce the number of current supplying wirings and hence it is possible to make the pixel portion finer.

Embodiment 20

The electro-optical equipment according to the present invention, or more specifically, the liquid crystal display device according to the present invention may employ a variety of liquid crystals in addition to nematic liquid crystal. Such liquid crystals are disclosed in the following, for example.

1998, SID, "Characteristics and Driving Scheme of Polymer-Stabilized Monostable FLCD Exhibiting Fast Response Time and High Contrast Ratio with Gray-Scale Capability" by H. Eurue et al.; 1997, SID DIGEST, 841, "A Full-Color Thresholdless Antiferroelectric LCD Exhibiting Wide Viewing Angle with Fast Response Time" by T. Yoshida et al.; 1996, J. Mater. Chem. 6(4), 671-673, "Thresholdless antiferroelectricity in liquid crystals and its application to displays" by S Inui et al.; U.S. Patent No. 5,594,569.

15 Fig. 22 shows the electro-optical characteristics of the monostable FLC in which the liquid crystal is ferroelectric liquid crystal (FLC) which exhibits the isotropic phase - cholesteric phase - chiral smectic phase transition, the cholesteric phase - chiral smectic phase transition takes place under application of DC voltage, and the cone edge is aligned approximately with the rubbing direction.

20 The display mode which the ferroelectric liquid crystal produces as shown in Fig. 22 is called "Half-V letter switching mode". In Fig. 22, the ordinate represents transmittance (in arbitrary unit) and the abscissa represents applied voltage. For more detail about "Half-V letter switching mode", refer to the following.

Terada et al., "Half-V letter switching mode FLC", Preprints for the 46th Lecture Meeting of Applied Physics, March 1999, p. 1316; Yoshihara et al., "Time-sharing full-color LCD by ferroelectric liquid crystal", Liquid Crystal, vol. 3, No. 3, p. 190.

It is noted from Fig. 22 that the ferroelectric mixed liquid crystal permits low-